

Autores: Ricardo Barroso Leite (rleite@fee.unicamp.br) e Yuzo Iano (yuzo@decom.fee.unicamp.br)

Palavras-chave: Codificação de Fonte, Codificação de Canal, Compressão de imagens, Transmissão via Satélite, SPIHT, Códigos Turbo, SSIM.

Resumo

Para a transmissão de grande quantidade de dados através de canais ruidosos, como é o caso das transmissões via satélite, cuidados devem ser tomados para que a informação seja recebida de forma correta e com o menor custo em relação à largura de banda ocupada. Para atingir esses objetivos, este trabalho apresenta uma comparação de desempenho de diferentes combinações de técnicas de codificação de fonte e técnicas de codificação de canal, baseadas em transformada wavelet, codificação SPIHT (Set Partitioning In Hierarchical Trees) e códigos Turbo Convolucional. São determinados os melhores casos para a transmissão em canal AWGN (Additive White Gaussian Noise), em termos de PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) e SSIM (Structural Similarity Index).

Introdução

As imagens obtidas via satélites artificiais são muito importantes para diferentes áreas de pesquisa, como sensoriamento remoto, astronomia, aplicações militares e meteorológicas. Para garantir que essas imagens sejam recebidas com qualidade considerável e de forma rápida, se tornam necessários métodos de codificação digital que eliminem redundâncias (Codificação de Fonte) e garantam imunidade a ruídos (Codificação de Canal).

O ruído mais importante a ser considerado é o de origem térmica, tanto nas antenas receptoras, quanto nos sistemas de envio do satélite e na atmosfera. Para modelar esses efeitos, costuma-se utilizar o ruído aditivo com distribuição gaussiana (AWGN). Com o método de codificação adequado pode-se obter qualidade nos dados recebidos a uma dada taxa, segundo a teoria proposta por Shannon.

Metodologia

Transformada Wavelet Discreta (TWD) – Uma forma muito usada de se comprimir imagens e preservar as qualidades visuais é através da Transformação Wavelet. Esta análise consiste em aplicar filtros a imagem, de forma a separar as baixas frequências das altas frequências e ao mesmo tempo separá-las também no domínio espacial. Após a filtragem, os sinais obtidos são sub-amostrados (reduzindo pela metade o número de amostras) de forma a conservar o número de amostras do sinal original (Fig. 1). Após a separação em subbandas, os coeficientes wavelet são codificados através do algoritmo SPIHT.

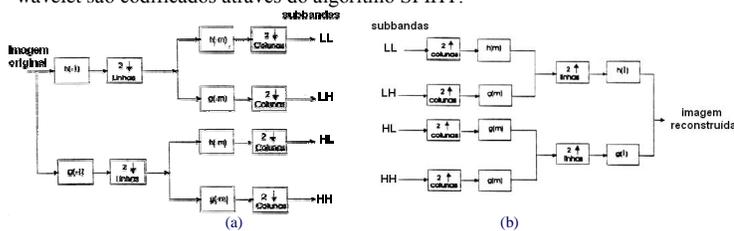


Fig. 1 – Aplicação da Transformada Wavelet em uma imagem (a) decomposição (b) reconstrução

Turbo Convolucional Paralelo – Consiste em colocar dois codificadores convolucionais em paralelo, sendo um deles com a entrada embaralhada por um entrelaçador (Fig. 2). A saída contém bits vindos dos 3 ramos, multiplexados de forma a se obter a taxa de codificação necessária. A vantagem do esquema Turbo é que, usando dois processos de codificação se consegue maior segurança nos bits de saída. O Entrelaçador ajuda a corrigir erros muito próximos (em rajada ou em burst). Na recepção o algoritmo de Viterbi é implementado de maneira recursiva, de forma a aproveitar as 2 codificações e, após um número de iterações é feita uma decisão.

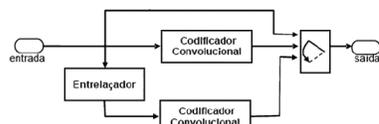


Fig. 2 – Codificador Turbo Convolucional Paralelo

Resultados

Os modelos de Codificação de Fonte e Canal, juntamente com as operações envolvidas na modulação e condicionamento dos sinais foram implementadas em ambiente de simulação computacional MATLAB Simulink. A seguir, são apresentadas algumas curvas comparativas entre um dos esquemas de codificação simulados e a imagem transmitida sem codificação. Foi usada a imagem 'Lena' para fazer os testes, por se tratar de uma imagem muito utilizada na área de processamento de imagens, o que facilita a comparação. Foram avaliadas a relação sinal ruído de pico (PSNR) e também a medida de similaridade estrutural (SSIM), que se aproxima mais da qualidade visual subjetiva.

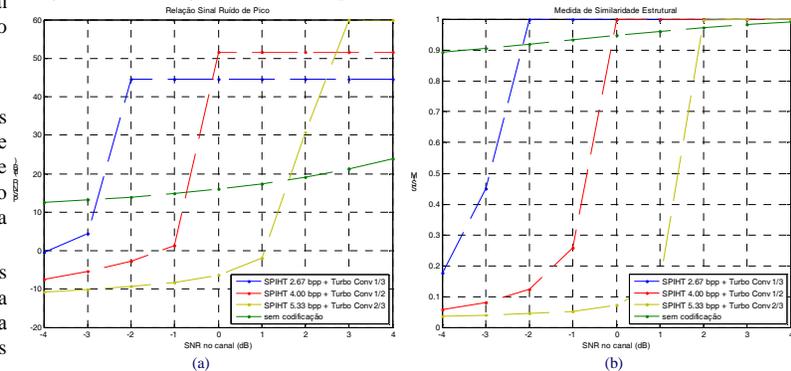


Fig. 3 – Desempenho da codificação (a) PSNR (b) SSIM

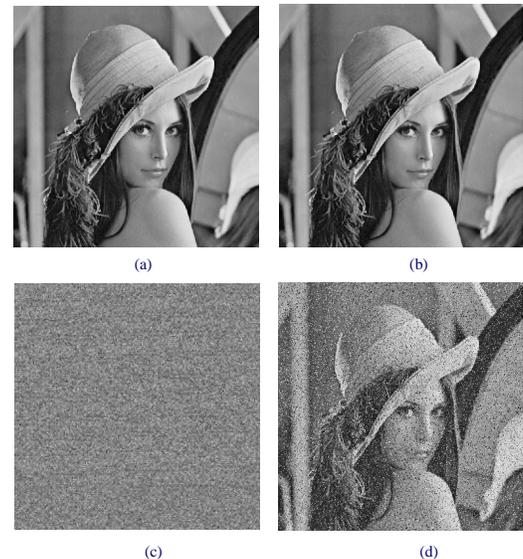


Fig. 4 – Imagens obtidas com SNR = 0 dB no canal (a) SPIHT 2.67 bpp + Turbo Conv. 1/3 (b) SPIHT 4.00 bpp + Turbo Conv. 1/2 (c) SPIHT 5.67 bpp + Turbo Conv. 2/3 (d) sem codificação

Conclusão

Pela análise das curvas e também das imagens decodificadas, observa-se que a codificação digital pode ajudar na recuperação sem erros da imagem na transmissão por um canal ruidoso. Embora a quantidade de bits transmitida seja a mesma, a codificação permite a preservação das componentes mais importantes visualmente e a correção de erros aditivos introduzidos pelo canal. Conclui-se que a distorção devido a redução de bits na codificação de fonte não tem tanta relevância quanto os erros introduzidos no canal. Portanto a melhor solução seria a que utilizasse mais bits para a paridade e maior compressão dos dados da fonte.